

# 발전설비건물의 환기를 위한 수치연구

## A Numerical Study of Power Generating Unit Building for Ventilation



신 재 열\*  
Shin, Jae-Ryul

### 1. 서론

민자 복합화력 발전소 건설 공사의 시공사들은 컨소시엄 형태로 사업에 참여해 설계, 구매, 시공(EPC: Engineering, Procurement, Construction)을 일괄 수행하게 된다. 일반적으로 공사기간은 착공 후 약 36개월 정도 이다. 국내 건설사 들은 중동, 아시아, 아프리카 등지에서 해외 발전소 공사를 수주하며 지난해 리비아 즈위티나 복합화력 발전소, 모로코 조르프 라스파 석탄화력 발전소 등 700MW급 이상의 대형 화력발전소를 잇달아 수주하며 국외 발전소 건설시장을 이끌고 있다.

<그림 1>과 같은 복합화력은 천연가스나 경유 등의 연료를 사용, 1차로 가스터빈을 돌려 발전하고 가스터빈에서 나오는 배기가스의 열을 다시 보일러에 통과시켜 증기를 생산해 2차로 증기터빈을 돌려 발

전하는 것이다.

복합화력은 두 차례에 걸쳐 발전을 하기 때문에 장점이 많다. 우선 기존 화력보다 열효율이 10% 정도 높다. 공해가 적고 정지했다가 다시 가동하는 시간이 짧다는 장점도 있다. 또한 건설기간이 유연탄 화력(50만kW급 46개월)에 비해 3분의 1 정도 짧은 30개월 정도에 불과해 긴급한 전력 계통을 위해 건설되기도 한다. 국내에는 1992년 11월 준공된 서인천 복합화력과 1993년 9월 완공된 안양 복합화력이 대표적인 복합화력발전소이다. 예를 들어 1600MW 규모의 복합화력 발전소에는 가스터빈 4대, 증기터빈 2대, 발전기 6대와 전력계통으로 구성된다.

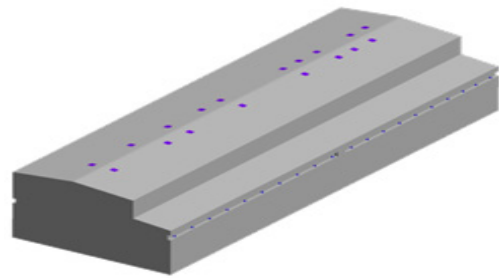
중동지역의 기후는 일교차가 심한 전형적인 사막 기후로 여름철(5월~10월)에는 36~55 정도이며 겨울철(11월~4월)에는 15~37 수준이다. 이로 인해, 발전소의 구성요소인 가스터빈, 증기터빈, 발전기의 운용 온도에 영향을 끼치게 된다.

본 연구에서는 증기터빈 건물 내에 주어진 발열량과 공조량에 따른 발전설비의 운용온도 타당성에 대

\* 대우건설기술연구원 선임, 공학박사  
Tel: 031-250-1127 Fax: 031-250-1274  
E-mail : jaeryul.shin@daewoenc.com



〈그림 1〉 복합발전 개통도 (출처: 두산중공업)



〈그림 2〉 발전설비 건물 모델링

한 평가를 전산해석기법을 통해 유동해석을 수행하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 수치해석기법

FLUENT 12.1[1]을 사용하였고, 유체유동의 지배 방정식인 Navier-Stokes 방정식은 유한체적법을 이용하여 이산화하고, FLUENT의 압력 기반 해법을 통해 난류를 포함한 각각의 유동 물성치를 해석하는 분리기법을 사용하였다. 사용된 RANS 난류 모델은 FLUENT에 포함된 표준  $k-\epsilon$  난류모델[2]을 사용하였다. 또한 가열된 벽면의 자연대류를 모사하기 위해 중력에 의한 부력효과를 추가하였다. 본 연구의 모든 해석은 정상상태 해석을 통해 수행되었다.

### 2.2 계산조건 및 경계조건

〈그림 2〉는 복합화력 발전소 도면을 참조로 건물을 모델링한 그림이다. 건물 내부에는 증기터빈과 발전기를 부분을 하나로 모델링 하여 〈그림 3〉에 나타내었다. 그리고 건물 벽면에 공조기관과 덕트를 도면을 참조로 위치 시켰다. 유동해석을 위해 사용된 전체 격자는 250만개의 육면체격자를 사용하였고, 지붕면의 유출 벤트 부분은 유동 출구이기 때문에 격자를 조밀하게 구성하였다.

설계요구조건으로 지붕면 아래에서 최대 55℃를 넘지 않아야 하며, 건물 바닥에서도 최대 50℃를 넘지 않도록 제시하고 있다. 본 연구에서 저 발열량과 고 발열량 두 가지 해석조건이 설계요구조건에 부합

하는지 평가 해보았다. 설계요구조건을 표로 정리하여 〈표 1〉에 나타내었다. 〈표 2〉는 두 가지 해석조건을 나타낸 표이다. 〈표 2〉에서 두 가지 다른 발열량에 따라 공조기로 급기되는 급기용량이 차이가 나지만 급기되는 온도는 40℃로 유지된다.

〈표 1〉 설계요구조건

구 분	온 도	
건물외부	52° C	
설계요구조건	허용 최대온도	
건물내부	지붕	55° C
	바닥 (0.1m)	50° C

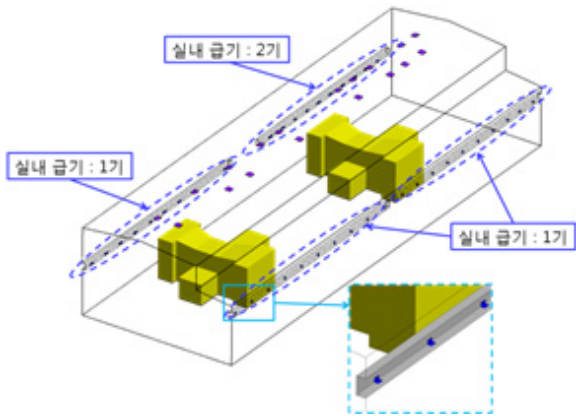
해석을 수행하기 위한 경계조건을 그림 4에 나타내었다. 건물 전체 벽은 부착단열조건으로 취했고, 공조기 관은 유입조건을 주었으며, 지붕면의 벤트 부분들은 유출조건을 부여 하였다. 그리고 증기터빈 및 발전기는 열 에너지원으로 두었다.

〈표 2〉 해석조건

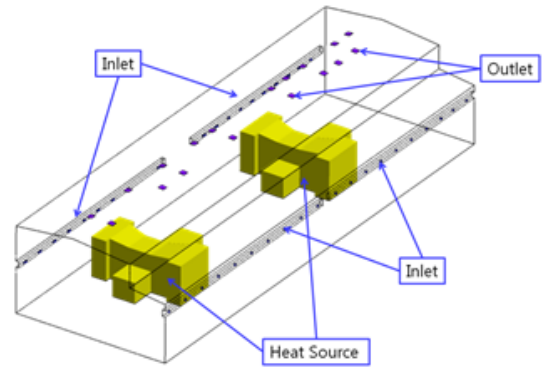
구 분	Case 1	Case 2
발열량	970kW	1,798kW
급기용량	54,000CMH	79,000CMH
급기온도	40° C	40° C

### 2.3 계산결과

〈표 2〉의 해석조건에서 저 발열량의 경우 지면 0.1 m 지점에서의 온도분포를 그림 5에 나타내었다. 지면 0.1m 지점에서의 평균온도는 47.5℃이고, 국부적으로 50℃를 초과하는 부분은 발전기 주변 일부에



〈그림 3〉 발전기 및 공조배치



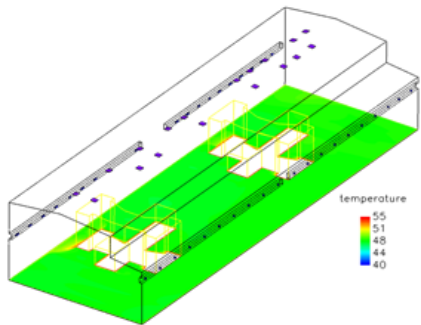
〈그림 4〉 경계조건

서 포착 된다. 지붕면에 인접한 20m지점의 온도분포를 〈그림 6〉에 나타내었다. 지붕 면 아래인 20m 지점에서의 평균온도는 51.8℃로 확인이 되고 55℃를 초과하는 부분은 나타나지 않는 것을 알 수 있다. 저 발열량의 해석 결과 증기터빈의 경우 지면 및 지붕 면 아래의 평균온도 47.5℃와 51.8℃는 〈표 1〉의 설계요구조건에 충분히 만족하는 해석결과를 보여준다.

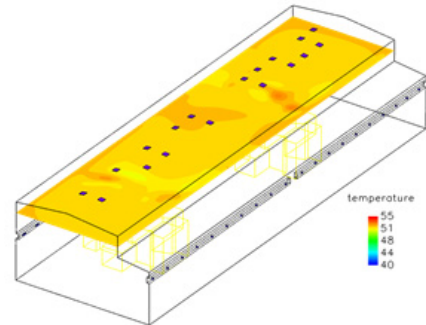
〈표 2〉의 해석조건에서 고 발열량의 경우 지면 0.1 m 지점에서의 온도분포를 〈그림 7〉에 나타내었

다. 지면 0.1m 지점에서의 평균온도는 48.9℃이고, 국부적으로 50℃를 초과하는 부분은 발전기 주변 일부에서 포착 된다. 지붕 면에 인접한 20m지점의 온도분포를 〈그림 8〉에 나타내었다. 지붕 면 아래인 20m 지점에서의 평균온도는 54.1℃로 확인이 되고 55℃를 초과하는 부분이 증기터빈 및 발전기가 놓인 상부에서 나타난다.

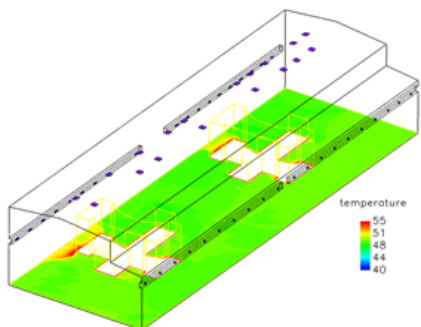
고 발열량의 해석 결과 증기터빈의 경우 지면 및 지붕 면 아래의 평균온도 48.9℃와 54.1℃는 〈표 1〉



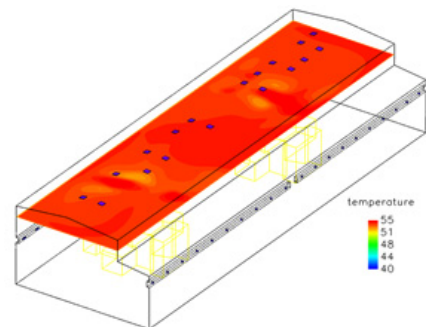
〈그림 5〉 지면 0.1m에서의 온도분포 Case1



〈그림 6〉 지면 20m에서의 온도분포 Case1



〈그림 7〉 지면 0.1m에서의 온도분포 Case2



〈그림 08〉 지면 20m에서의 온도분포 Case2

〈표 3〉 해석조건에 따른 온도분포 및 상대오차

Case 1, 저 발열량					
	평균(℃)	상대오차	최대(℃)	상대오차	요구조건(℃)
지면 0.1m	47.5	-5%	53	6%	50
지면 15m	51.5		53.7		
지면 20m	51.8	-6%	53	-4%	55
Case 2, 고 발열량					
지면 0.1m	48.9	-2.2%	56.5	13%	50
지면 15m	53.6		57.6		
지면 20m	54.1	-1.6%	56.4	2.5%	55

의 설계 요구조건에 충분히 만족하는 해석결과를 보여준다. 그러나 국부적으로 발전기 주변에 50℃를 초과하는 부분이 저 발열량 해석의 경우에 비해 비교적 넓은 범위를 나타낸다.

〈표 3〉에 각 해석조건에 대한 지면, 지면에서 15m, 지붕 면 아래 20m 지점에서의 평균 온도 및 국부적인 최대 온도를 표로 정리하였다. 저 발열량 해석의 경우 지면 0.1m, 지면 20m 지점에서의 평균온도는 제시된 설계요구조건에 부합하는 것을 알 수 있고, 전체적으로 설계요구조건에 비해 6% 낮은 평균온도를 보여준다. 그러나 지면 0.1m에서는 설계요구조건에 비해 국부적으로 6% 높은 최대온도를 보여준다.

고 발열량의 경우도 지면 0.1m, 지면 20m 지점에서의 평균온도는 제시된 설계요구조건에 부합하는 것을 알 수 있고, 전체적으로 설계요구조건에 비해 2% 낮은 평균온도를 보여준다. 그러나 국부적으로 12% 높은 최대온도를 보여준다. 국부적으로 설계요구조건을 초과하는 부분은 증기터빈 건물 내의 모든 발열량을 증기터빈에 대표한 결과로 보인다. 일반적으로 증기터빈 건물 내부에 열을 발생시키는 열원은 분산되어 있기 때문에 보다 현실적인 해석에서는 이와 같은 온도 초과부분은 나타나지 않을 것이라 사료된다.

### 3. 결론

본 연구에서는 증기터빈 건물 내에 주어진 발열량

과 공조량에 따른 발전설비의 운용온도 타당성에 대한 평가를 전산해석을 통해 증기터빈 건물 내의 유동해석을 수행하였다.

해석조건에 따른 저 발열량 및 고 발열량 해석의 경우 지면 0.1m, 지면 20m 지점에서의 평균온도는 제시된 설계요구조건에 부합하는 것을 알 수 있고, 전체적으로 설계요구조건에 비해 2~6% 낮은 평균 온도를 보여준다. 국부적으로 설계요구조건을 초과하는 부분은 증기터빈 건물 내의 모든 발열량을 증기터빈에 집중한 결과로 보인다.

일반적으로 증기터빈 건물 내부에 열을 발생시키는 열원은 분산되어 있기 때문에 보다 현실적인 해석에서는 이와 같은 온도 초과부분은 나타나지 않을 것이라 사료된다.

### 참고문헌

1. ANSYS FLUENT v13 Theory Guide, 2008
2. B. E. Launder and D. B. Spalding, Lectures in Mathematical Models of Turbulence, Academic Press, 1972
3. <http://www.energy.siemens.com/hq/en/fossil-power-generation>, 가스터빈 및 증기터빈 열용량